


開発途上国に適した環境対策 に関する調査研究

—インドネシアの工場廃水による水質汚濁と北九州市の経験—

平成5年3月

国際協力事業団
国際協力総合研修所

経	研
J	R
93	29

JICA LIBRARY

1106194121

国際協力事業団
25191

はじめに

本報告書は、開発途上国の工場廃水による水質汚濁に対し、我が国の地方自治体、特に北九州市の有する環境保全対策に関するさまざまな経験・ノウハウを、開発途上国の大都市に対しいかに適用しうるかに関し、インドネシアのジャカルタ市周辺をモデル地域として、財団法人北九州国際技術協力協会に業務委託して調査研究を行い、その成果及びそこから導き出される今後の検討課題を取り纏めたものです。

工場廃水等による水質汚濁の問題は、開発途上国が工業化を進めていく過程で顕在化していますが、開発途上国にはそれに対処するための資金・技術・経験が不足しているのが実情です。一方で、我が国、特に公害問題解決のための最前線となった地方自治体には、これまでの公害問題の克服の過程で培ってきた数々の技術的、制度的な知見が蓄積されています。

この調査研究は、今日の開発途上国の直面する急速な工業化、都市化に起因するさまざまな環境問題に対し、我が国がこれまで蓄積してきた公害対策、環境保全にかかる多くの経験と技術を十分に活用しうるものであることを提言しています。本調査研究は、特にインドネシアの工場廃水対策という限られた対象について実施しましたが、その内容は、ASEAN諸国を初めとする、他の途上国の水質汚濁防止に対しても応用することが可能です。今後、本報告書が開発途上国の環境問題の解決への一助として、環境問題に携わる関係者の参考となることを願うものです。

本調査研究に係るインドネシア現地調査の際にご協力いただきました、インドネシア側の政府及び企業関係者の皆様、多岐に亘りご指導、ご協力いただきました日本側関係者の方々に対し、厚く御礼を申しあげる次第です。

平成5年3月

国際協力事業団
国際協力総合研修所
所長 河西 明

目 次

第1章 調査研究の背景と目的	1
1-1 調査研究の背景	1
1-2 調査の目的	1
1-3 調査の範囲	1
1-4 調査の方法	2
1-5 報告書の構成	3
第2章 モデル地域の概況	5
2-1 ジャカルタ地域の概況	5
2-1-1 地勢	5
2-1-2 気候	6
2-1-3 人口	6
2-1-4 土地利用	7
2-1-5 産業活動	8
2-2 チリウン川の概況	9
2-2-1 チリウン川の地理的状況	9
2-2-2 チリウン川流域の概況	9
第3章 モデル地域における水質汚濁の現状と問題点	13
3-1 水質汚濁の状況	13
3-1-1 河川の水質汚濁	13
3-1-2 海域の水質汚濁	19
3-1-3 河川・海域の利用と水質汚濁の影響	21
3-2 水質汚濁の発生要因	23
3-2-1 工場廃水	23
3-2-2 生活排水	23
3-2-3 廃棄物	25

3-2-4	農業開発と農薬使用	25
3-2-5	森林消失	26
3-2-6	地下水の揚水	26
3-2-7	土質・地形	27
3-2-8	洪水	27
3-3	水質環境保全に係る法制度	28
3-3-1	水質環境保全の関連法令	28
3-3-2	水質環境基準	30
3-3-3	排水基準	35
3-4	環境保全に係る組織、体制	41
3-4-1	国レベルの組織、体制	41
3-4-2	ジャカルタ特別市の組織、体制	50
3-4-3	環境研究センター	53
3-5	水質汚濁対策	58
3-5-1	国レベルのPROKASIH	58
3-5-2	ジャカルタ特別市のPROKASIH	61
3-6	環境教育	68
3-6-1	環境教育キャンペーン	68
3-6-2	学校教育における環境教育	69
第4章	北九州市における環境保全対策の経験	71
4-1	水質汚濁の状況	71
4-1-1	北九州市の概要	71
4-1-2	河川の水質汚濁	72
4-1-3	海域の水質汚濁	74

4-2	水質汚濁の発生要因	76
4-2-1	工場廃水	76
4-2-2	生活排水	78
4-2-3	その他の発生要因	78
4-3	水質環境保全に係る法制度	79
4-3-1	水質環境保全の関連法令	79
4-3-2	水質環境基準	82
4-3-3	排水基準	85
4-4	環境保全に係る組織、体制	87
4-5	水質汚濁対策	89
4-5-1	工場廃水対策	89
4-5-2	生活排水対策	90
4-5-3	富栄養化防止対策	91
4-5-4	その他の対策	91
4-6	環境教育	94
第5章	モデル地域における水質環境保全技術の比較分析	95
5-1	水質汚濁の状況	95
5-1-1	河川の水質汚濁の状況	95
5-1-2	海域の水質汚濁の状況	98
5-2	水質環境保全に係る法制度	101
5-2-1	水質環境基準	101
5-2-2	排水基準	105
5-3	水質環境保全に係る組織、体制	108

5-3-1	水質環境の監視測定体制	108
5-3-2	水質汚濁発生源の監視・指導	110
5-4	工場廃水対策	114
5-4-1	PROKASIH	114
5-4-2	モデル地域の工場における廃水対策の実情	117
5-5	その他の対策	127
5-5-1	底質浄化対策	127
5-5-2	河川洪水対策	127
第6章	モデル地域の水質環境保全に係る今後の検討課題	129
6-1	水質環境保全上の問題点	129
6-1-1	水質汚濁の現状に関する問題	129
6-1-2	水質環境保全に係る法制度に関する問題	129
6-1-3	水質環境保全に係る組織・体制に関する問題	130
6-1-4	工場廃水対策に関する問題	131
6-1-5	その他の対策に関する問題	132
6-2	水質環境保全上の問題への対応策(提案)	134
6-2-1	水質汚濁の現状に関する問題への対応策	136
6-2-2	水質環境保全に係る法制度に 関する問題への対応	137
6-2-3	水質環境保全に係る組織・体制 に関する問題への対応策	140
6-2-4	工場廃水対策に関する問題への対応策	148
6-2-5	その他の対策に関する問題への対応策	154
6-3	今後の検討課題	155

第7章 モデル地域における水質環境保全対策のケーススタディ	163
7-1 水質汚濁の現状に関するケーススタディ	163
7-1-1 水質汚濁総合調査の実施	163
7-1-2 水質汚濁拡散予測モデルの整備	171
7-2 水質環境保全に係る法制度に 関するケーススタディ	173
7-2-1 環境基準の見直し	173
7-2-2 排水基準の見直し	174
7-2-3 水域環境の総合的管理の検討	175
7-3 水質環境保全に係る組織・体制に 関するケーススタディ	178
7-3-1 測定分析体制の整備	178
7-3-2 水質計測技術研修の実施	184
7-3-3 発生源規制・監視に係る技術研修の実施	188
7-4 工場廃水対策に関するケーススタディ	191
7-4-1 工場廃水削減処理に係る技術研修の実施	191
7-4-2 工場廃水対策の技術診断指導制度の整備	194
7-4-3 公害防止管理者制度の整備	194
7-4-4 工場内環境管理体制の整備	196
7-4-5 測定分析技術レベルの向上	198
7-5 その他の対策に関するケーススタディ	199
7-5-1 海底等の汚泥浚渫の実施	199

参 考 資 料

1	工場廃水削減処理対策の技術的ノウハウ	201
1-1	工場廃水の効果的削減のノウハウ	202
1-1-1	廃水対策の基本	202
1-1-2	処理施設を用いない廃水削減対策の例	202
1-1-3	廃水削減対策のチェックポイント	212
1-2	廃水処理施設の設計・施工上のノウハウ	213
1-2-1	中和反応装置	213
1-2-2	連続式沈澱濃縮装置（ジックナー）	217
1-2-3	濾過装置	224
1-3	北九州市の工場廃水対策の実情	229
1-3-1	メッキ工場	229
1-3-2	製糖工場	234
1-3-3	ホテル業	236
1-3-4	と畜処理場	239
1-3-5	スーパーマーケット	241
1-4	廃水処理施設の保守管理上のノウハウ	244
2	インドネシアにおける環境研究センターの一覧	248
3	参考文献一覧	252

図 リ ス ト

第2章 モデル地域の概況

図2-1-1	ジャカルタ特別市の河川・水路図	10
図2-2-2	チリウン川流域スラム(写真)	11
図2-2-3	チリウン川流域スラムの生活風景(写真)	11

第3章 モデル地域における水質汚濁の現状と問題点

図3-1-1	主要河川の雨期乾期別水質汚濁濃度	16
図3-1-2	チリウン川のBOD濃度	18
図3-1-3	チリウン川のCOD濃度	18
図3-1-4	ジャワ島沿岸海域のCOD濃度	19
図3-2-1	チリウン川流域スラムの共同簡易トイレ(写真)	24
図3-2-2	チリウン川流域のごみ投棄の現状(写真)	25
図3-4-1	インドネシア国行政組織図(1990年現在)	43
図3-4-2	人口環境省組織図	46
図3-4-3	環境管理庁(BAPEDAL)組織図	47
図3-4-4	人口環境省と環境管理庁の関係	48
図3-4-5	インドネシア国環境管理センターの活動内容	49
図3-4-6	インドネシア国環境管理センターの組織図	49
図3-4-7	ジャカルタ特別市KPPLの組織図	51
図3-4-8	ジャカルタ特別市KPPLの実験室(写真1)	52
図3-4-9	ジャカルタ特別市KPPLの実験室(写真2)	52
図3-4-10	インドネシア国における環境研究センター位置図	57
図3-5-1	PROKASIHの対象範囲	62
図3-5-2	ジャカルタ特別市PROKASIH 対象河川及び工場	63
図3-5-3	工場廃水規制の手順	64
図3-5-4	チリウン川流域PROKASIH 協定締結工場のCOD排出量	65

図3-5-5	チリウン川流域PROKASIH	
	協定締結工場のBOD排出量	66
図3-5-6	チピナン川流域PROKASIH	
	協定締結工場のCOD排出量	66
図3-5-7	チピナン川流域PROKASIH	
	協定締結工場のBOD排出量	66
図3-5-8	ムカバート川流域PROKASIH	
	協定締結工場のCOD排出量	67
図3-5-9	ムカバート川流域PROKASIH	
	協定締結工場のBOD排出量	67
図3-5-10	PROKASIH発表全国大会(1992)	67
図3-6-1	インドネシア大学環境研究センター	
	のセミナー風景(写真)	69

第4章 北九州市における環境保全対策の経験

図4-1-1	北九州市の地勢	71
図4-1-2	河川測定点位置図	72
図4-1-3	紫川におけるBOD経年変化	73
図4-1-4	撥川・割子川におけるBOD経年変化	74
図4-1-5	海域水質測定点位置図	74
図4-1-6	洞海湾のCOD経年変化	75
図4-2-1	水質汚濁に係る主要工場位置図	76
図4-3-1	水質汚濁防止対策の関係法令	79
図4-3-2	水質汚濁防止法の体系	80
図4-3-3	水質汚濁規制制度の仕組み	81
図4-4-1	北九州市の環境保全組織	87
図4-4-2	環境保全担当技術職員数の経年変化	88
図4-5-1	下水道整備状況等の経年変化	90
図4-5-2	洞海湾堆積汚泥浚渫箇所図	93

第5章 モデル地域における水質環境保全技術の比較分析

図5-1-1	北九州市紫川とジャカルタ特別市 河川のBOD濃度比較	97
図5-1-2	ジャワ島周辺水質測定地点	100
図5-1-3	ジャカルタ湾底質中のHg濃度	100
図5-3-1	水質汚濁発生源の監視フロー	111
図5-4-1	チリウン川流域の豆腐製造工場(写真)	126
図5-4-2	チリウン川流域の食品工場(写真)	126

第7章 モデル地域における水質環境保全対策のケーススタディ

図7-1-1	水質汚濁総合調査のサンプリング地点(試案)	170
図7-2-1	ジャカルタ地域の河川・海域における水域環境 の総合的管理の検討フロー(試案)	176
図7-2-2	ジャカルタ地域の河川、海域の機能(例)	177
図7-2-3	生態系評価と親水性評価に関する測定項目(例)	177
図7-5-1	洞海湾の底質処理工程図	200
図7-5-2	洞海湾の汚染底質の浚渫に用いた改良グラブ	200
図7-5-3	洞海湾の汚染底質の浚渫に用いた土運搬船 (密閉ページ)	200

参 考 資 料

1 工場廃水削減処理対策の技術的ノウハウ

付図1-1-1	空気洗浄装置模式図	204
付図1-1-2	多段式洗浄法	206
付図1-1-3	廃水の質と濃度による分別処理	208
付図1-2-1	沈降曲線	218
付図1-2-2	バッチ沈降曲線	225
付図1-2-3	リーフテスト装置	226
付図1-3-1	メッキ工場の廃水処理フロー	230

付図1-3-2	製糖工場の廃水処理フロー	234
付図1-3-3	ホテル業の廃水処理フロー	236
付図1-3-4	沈澱分離槽	238
付図1-3-5	接触ばっ気槽	238
付図1-3-6	沈澱槽	238
付図1-3-7	と畜処理場の廃水処理フロー	239
付図1-3-8	スーパーマーケットの廃水処理フロー	242

表 リ ス ト

第2章 モデル地域の概況

表2-1-1	ジャカルタ特別市の区分	5
表2-1-2	ジャカルタ特別市の月別気象(1990)	6
表2-1-3	インドネシアの人口と人口密度	7
表2-1-4	ジャカルタ特別市の土地利用状況	7
表2-1-5	ジャカルタ特別市の産業別生産額と就業者数	8

第3章 モデル地域における水質汚濁の現状と問題点

表3-1-1	ジャカルタ特別市内主要河川の水質測定結果	14
表3-1-2	ジャカルタ特別市内主要河川の水質比較	15
表3-1-3	ジャワ島周辺、ジャカルタ湾の水質濃度	20
表3-1-4	ジャカルタ地域の疾病患者数	22
表3-1-5	ジャカルタのスラム地域における 幼児死亡の主要因	22
表3-3-1	河川の水質環境基準(全国)	31
表3-3-2	河川の水質環境基準(ジャカルタ特別市)	33
表3-3-3	排水基準(全国:一律基準)	37
表3-3-4	排水基準(全国:業種別基準)	38
表3-3-5	排水基準(ジャカルタ特別市)	40
表3-4-1	インドネシア国の環境保全関連機関の一覧	44
表3-4-2	ジャカルタ特別市における環境関係局の所管事項	50
表3-4-3	ジャカルタ特別市K P P Lの施設概要	51
表3-5-1	ジャカルタ特別市PROKASIH対象工場	61
表3-5-2	PROKASIH協定締結工場の廃水処理の実態	64
表3-5-3	PROKASIHの達成状況	65

第4章 北九州市における環境保全対策の経験

表4-1-1	河川のBOD調査結果	73
表4-1-2	海域のCOD調査結果	75
表4-2-1	排水量別特定事業場数及び排水総量	77
表4-2-2	有害物質使用特定事業場の業種別数	77
表4-2-3	有害物質種類別の使用特定事業場数	77
表4-3-1	水質汚濁に係る環境基準	83
表4-3-2	排水基準	85
表4-6-1	環境教育関連行事	94

第5章 モデル地域における水質環境保全技術の比較分析

表5-1-1	ジャカルタ特別市内主要河川のBOD/COD	96
表5-1-2	インドネシアと日本の海域 における水質濃度の比較	99
表5-1-3	インドネシアと日本の海域 における底質中重金属濃度の比較	100
表5-2-1	河川水質環境基準の項目数比較	102
表5-2-2	河川水質環境基準の基準値比較	104
表5-2-3	排水基準の項目数比較	105
表5-2-4	排水基準の基準値比較	107
表5-3-1	ジャカルタ特別市における河川水質 監視測定の延回数	109
表5-3-2	北九州市における河川水質監視測定の延回数	109
表5-4-1	PROKASIH対象工場のCOD削減実績	115
表5-4-2	PROKASIH対象工場のCOD 目標達成に必要な削減率	115
表5-4-3	A工場廃水の水質測定結果	117
表5-4-4	A工場の水質管理項目の測定結果	118
表5-4-5	A工場の廃水管理のための水質分析項目	120
表5-4-6	水質測定分析の単価	121
表5-4-7	自主測定分析に必要な機材	122

第6章 モデル地域の水質環境保全に係る今後の検討課題

表6-2-1	水質環境保全上の問題への対応策	134
表6-2-2	日本における環境情報システムの変遷	147
表6-2-3	環境情報システム構築上の問題点、検討課題	147
表6-3-1	モデル地域に適用可能な技術と適用に際しての 配慮項目と技術的課題	156

第7章 モデル地域における水質環境保全対策のケーススタディ

表7-1-1	水質環境保全対策のケーススタディ	163
表7-1-2	水質汚濁拡散予測モデルの種類と特徴	171
表7-2-1	ジャカルタ特別市の河川環境基準 の段階的対応(試案)	173
表7-2-2	ジャカルタ特別市の排水基準 の段階的対応(試案)	174
表7-3-1	測定分析機器等の整備に係る経費(試算)	178
表7-3-2	水質環境モニタリングに必要な機器等 (一般的な水質項目)	179
表7-3-3	水質環境モニタリングに必要な機器等 (金属化合物)	181
表7-3-4	水質環境モニタリングに必要な機器等 (有害物質、細菌学的試験)	182
表7-3-5	水質環境モニタリングに必要な機器等 (サンプリング、その他)	183
表7-3-6	水質計測技術研修コース(Phase I) の項目とねらい	185
表7-3-7	水質計測技術研修コース(Phase II) の項目とねらい	187
表7-3-8	工場廃水の規制監視技術研修コース の項目とねらい	189
表7-4-1	工場廃水の削減処理技術研修コース の項目とねらい	192

参 考 資 料

1 工場廃水削減処理対策の技術的ノウハウ

付表1-1-1	用水中に存在する不純物によって起こる 障害及びその除去処理法	209
付表1-1-2	用途別水質限界値	210
付表1-1-3	廃水削減対策チェックポイント	212
付表1-2-1	有機及び無機高分子凝集剤の特性と効果の比較	222
付表1-4-1	メンテナンス周期の目安	245
付表1-4-2	毒物劇物（受、払）記録表（例）	246
付表1-4-3	廃水処理施設日常点検記録表（例）	246
付表1-4-4	廃水処理施設運転管理チェックシート（例）	247

第1章 調査研究の背景と目的

第 1 章 調査研究の背景と目的

1-1 調査研究の背景

開発途上国、特にASEAN諸国の公害問題は、日本が1950年～1960年代に直面した問題に類似している面が多く、日本が経済成長と同時に公害を克服した環境対策の経験と技術は、開発途上国の公害問題の解決のために大きく役立つと考えられている。

しかし、現在の日本の環境対策技術は、高価格かつ高度管理を必要とするものが多く、開発途上国の資金不足、技術不足等の状況の中では、その技術の適用が困難な場合が多い。また、途上国の間にも経済発展のレベルに格差があり、途上国の都市を取り巻く自然条件やその社会的条件の違いにより、環境問題の質や深刻さが異なっている場合もある。

したがって途上国における公害対策については、技術的側面、経済的側面のみならず、その技術を適用する地域の社会的、文化的側面もあわせて検討しつつ、その対策の有効性を決めることが重要であるが、それらに関する情報が乏しいのが現状である。

1-2 調査の目的

開発途上国の抱えるさまざまな環境問題に対し、技術的、経済的、社会・文化的な側面に配慮しつつ、我が国に蓄積された環境対策技術のどの部分が適用可能なのか、あるいはどのような改善を加えれば適用できるのかについて、環境保全技術に関し豊富な経験と情報を有する地方自治体の知見を活用して調査研究を行う。

1-3 調査の範囲

近年、東南アジア諸国では、経済発展のための開発・工業化が進展するとともに、人口の増大と都市への集中が進み、大気行政や水質汚濁などの公害問題が深刻な問題となってきている。特に、都市部や工業地帯を流れる河川では、水質汚濁が著しく、極めて深刻な問題になっている。

本調査では、インドネシア国のジャカルタ特別市をモデル地域として、市内の主要河川であるチリウン川を中心とした水質汚濁対策に関し、途上国に適用可能な技術及び日本の技術を途上国に適用させるために必要な技術的課題について、北九州市の経験を基に検討を行った。

1-4 調査の方法

本調査は、次の手順により実施した。

(1) 国内事前準備

ア 調査対象モデル地域の選定

インドネシア国ジャカルタ特別市を選定した。

イ モデル地域の環境関連項目の情報収集（国内）

水質汚濁の状況、水質汚濁の発生要因、水質環境保全に係る法制度、水質環境保全に係る組織・体制、水質汚濁対策等に関する情報を日本国内で収集した。

ウ 北九州の環境保全技術の実情調査

北九州市を中心とした企業、大学、行政に蓄積されている環境（水質）保全技術を調査した。

エ モデル地域の事前調査（国内）

現地関係者とのヒアリング等によりモデル地域の実情を把握した。

(2) 現地調査

前項までの調査結果を踏まえ、モデル地域における現地視察、関係者に対するヒアリング等により、モデル地域の水質汚濁の現状、環境行政、対策の実施状況、技術レベル、自然・社会的条件、地域のニーズ等について把握した。

(3) 国内解析

ア モデル地域の環境現状の分析

国内の事前準備、現地調査を通じて収集した情報に基づき、モデル地域の水質環境の現状を分析し問題点を抽出した。

イ 環境保全技術の比較検討

モデル地域の環境の実情分析結果と北九州市の環境対策の経験の調査結果とを

比較検討した。

ウ 今後の検討課題の整理

モデル地域の水質改善を図るために必要な対応策の検討と対策のケーススタディを行い、これらの技術が円滑かつ有効に活用されるために必要な今後の課題について検討、整理を行った。

1-5 報告書の構成

本報告書は、全7章で構成され、その内容は以下のとおりである。

第1章では、本調査の目的とその背景及び調査の範囲と方法をまとめた。

第2章では、モデル地域として選定したジャカルタ地域の地勢、気候、人口、土地利用、産業活動について整理するとともに、主な調査河川であるチリウン川の概況について述べた。

第3章では、ジャカルタ地域における水質汚濁の状況とその発生要因、水質対策のための法制度、組織・体制、各種施策について、その現状を調べ問題点を整理した。

第4章では、日本における公害対策の現場である地方自治体の一つとして北九州市の経験を前章と対応させて整理した。

第5章では、第3章と第4章に述べた実情を詳細に比較分析し、水質汚濁の状況、法制度、組織・体制、工場廃水対策、その他の対策の5つの観点からジャカルタ地域における水質汚濁問題の特徴や問題点を明らかにした。

第6章では、第3章と第5章で明らかにしたジャカルタ地域における水質環境保全上の問題点について、再度整理を行い、これらの問題点を解決していくための対応策を明らかにした。さらに、これらの対応策を検討する中で、途上国に適用可能な技術及び日本の技術を途上国に適用させるために必要な技術課題を検討した。

第7章では、ケース・スタディとして具体的な対策を提案の形でとりまとめた。

第2章 モデル地域の概況

第2章 モデル地域の概況

2-1 ジャカルタ地域の概況

2-1-1 地勢

インドネシア共和国は13,700以上の島々からなり、770万K㎡に及ぶ広大な面積を有する世界最大の島嶼国である。最も大きな島はカリマンタン島(539,500K㎡)であり、ジャワ島は122,298K㎡の面積を有する4番目に大きな島である。ジャカルタ地域は、このジャワ島の北西部、東経106°49'35"、南緯06°10'37"に位置し、北はジャワ海に面し、市全域が概ね海拔2m以下の平坦な沖積平地である。

ジャカルタ地域の正式名称はジャカルタ首都特別地区(Daerah Khusus Ibukota Jakarta)であり、通称、ジャカルタ特別市(DKI JAKARTA)と呼ばれ、インドネシアの他の27州と同様の行政単位であるとともに首都であるという特殊な位置を占めている。

ジャカルタ特別市の総面積は651.49K㎡、行政区分として五つの地域(Wilayah)に分かれ、さらに29の地区(Kecamatan)と256の細分地区(Kelurahan)に分割されている。

(表2-1-1参照)

表2-1-1 ジャカルタ特別市の区分

地 域 (Wilayah)	地区数 (Kecamatan)	細分地区数 (Kelurahan)	面積 (km ²)
中央ジャカルタ (Jakarta Pusat)	7	44	49.35
北ジャカルタ (Jakarta Utara)	4	31	139.43
西ジャカルタ (Jakarta Barat)	5	52	128.89
東ジャカルタ (Jakarta Timur)	7	64	146.16
南ジャカルタ (Jakarta Selatan)	6	65	187.66
合 計	29	256	651.49

出典：STATISTIK INDONESIA (1991)より作成

2-1-2 気候

インドネシアは赤道付近に位置しており、気候は一般的には熱帯性（大部分が熱帯雨林気候、一部はサバンナ気候）である。

気象は、通常、11月から翌年4月にかけて湿った季節風が吹き、全国的に雨をもたらす。また、5月から10月にかけては、南半球に属する地域では乾期となるが、北半球に属する地域ではやや少なめの降雨がみられる。

ジャカルタ特別市の気候は、熱帯雨林気候、年平均気温27℃、年間平均降雨量2,000mmである。（表2-1-2参照）

表2-1-2 ジャカルタ特別市の月別気象（1990）

項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月
最高気温（℃）	31.2	31.2	32.9	32.7	31.6	31.3
最低気温（℃）	24.5	24.5	24.7	25.0	24.1	23.7
湿度（％）	82	82	80	79	79	78
降雨量（mm）	425.8	98	103.4	134.9	63.3	95.7

項目	7月	8月	9月	10月	11月	12月
最高気温（℃）	31.2	30.5	33.4	33.1	30.4	28.5
最低気温（℃）	23.1	22.5	23.6	23.8	22.9	22.0
湿度（％）	76	73	73	74	78	76
降雨量（mm）	31.9	303.8	5.4	62.6	49.1	225.5

出典：STATISTIK INDONESIA（1991）より作成

2-1-3 人口

インドネシアは約1億8,000万人の人口を抱えており、年率約2％の割合で増加し続けている。これらの人口の分布は地域的に大きく偏っており、人口の約6割に相当する1億人余りが、面積では全国土の7％にも満たないジャワ島に住んでおり、ジャワ島の人口密度は814人/Km²である。ジャカルタ特別市の人口は、統計によれば8,259千人（1990年）であり、人口密度は約1万4千人/Km²に達している。さらに、年率2.42％の増加率で人口が増加し続けており、急激な都市化が進んでいる。（表2-1-3参照）

これらの統計数字には、地方から流入し、河川沿岸部等のスラム・不法建築（Kampungと総称される）に住みついている人々の数は反映されていない。これらの人々を含んだ

人口は、約9,100千人（1989年 BKLH）、人口増加率年4%（1989年 BKLH）と推計されており、非常に高い値を示している。

インドネシア国では、今後、年間300万人もの人口増加が続くことが予想されており、この人口増加に対応した住宅、雇用、食料生産などを達成することが国家政策の基本命題として位置づけられている。第5次5ヵ年計画（1989年～1994年）においても、期間中に増加が見込まれる1,190万人のため、農業部門で400万人、商工業、建設、運輸等の部門で750万人の雇用確保をめざしている。

今後、この目標に沿った農地開発や鉱工業の拡大、水産、林業の振興は、環境破壊や劣化を引き起こさないよう十分配慮して行う必要がある。

表2-1-3 インドネシアの人口と人口密度

項目	人口 (千人)	総人口に対する 比率 (%)	人口密度 (人/km ²)
ジャカルタ特別市	8,259	4.60	13,945
ジャワ島	107,581	59.99	814
インドネシア国	179,379	100	93

出典：STATISTIK INDONESIA (1991)より作成

2-1-4 土地利用

ジャカルタ特別市の土地利用状況は、1983年から85年にかけての急速な都市化の進行により、住宅地域、商業・公共施設の占める割合が増加した。産業施設は北部海岸地域に集中しているが、河川流域の住宅密集地域に多くの中小工場が点在している。人口の都市集中による住宅地域の拡大、交通手段が車両輸送に限定されているための道路拡張、近代的百貨店・スーパーマーケットの建設等が緑地の喪失の主な要因となっている。

(表2-1-4参照)

表2-1-4 ジャカルタ特別市の土地利用状況

住宅地域 (スラムを含む)	58.2%
商業・公共施設	14.3%
産業施設	4.0%
農地・湿地・緑地・その他	23.5%

注：インドネシア大学資料(1988)より作成

2-1-5 産業活動

ジャカルタ特別市の産業活動を生産額と産業別就業者数から見ると、表2-1-5に示すとおり第3次産業の占める割合が高い。政府の積極的な外資導入政策により製造業の振興は進みつつあるが、現在のところ地方からの流入人口を大規模に吸収するにはいたっていない。インドネシアでは、政府の農林水産業近代化投資により、主食である米の自給、砂糖・煙草・コーヒー・木材・生ゴム等の輸出も行われているが、土地を所有出来ない人々が農村から都市へ流入し続けており、ジャカルタに流入した人達の多くは低所得の雑多な職業に携わっている。

輸送・交通手段の主体は道路交通であり、特に通勤手段としては大型バスやマイクロバスが市民の足となっている。増加し続ける人口と居住地の南部地域への拡大により、市内主要道路は、朝夕の通勤時間帯を中心に深刻な交通渋滞に陥っている。

ジャカルタ特別市の都市施設と地方のそれとは著しい対比を示しており、特に市内中心部の近代的店舗や外食産業、遊興施設は、市民の平均的所得から考えると極端に高価であり、一般市民の消費生活とはかけ離れた存在である。庶民の消費生活は古くからの露店商等にかかなりの部分を依存している。

表2-1-5 ジャカルタ特別市の産業別生産額と就業者数

分類	生産額 (10億ルピア)	就業者数 (人)
農林水産業	288	39,389
製造業	5,493	490,319
商業	6,008	756,004
サービス業	3,501	1,193,030
その他	770	195,180
合計	16,060	2,673,922

出典：JAKARTA(1990)より作成(就業者数[10才以上])

2-2 チリウン川の概況

2-2-1 チリウン川の地理的状況

インドネシアは島嶼国であり、大河川は存在しない。ジャカルタ地域には、約10本の河川が流れているが、そのうち最大の河川はチリウン川であり、全長117 km、流域面積600 km²程度である。

チリウン川は、西ジャワ州のブンチャクとチサルア近郊の山岳部に源を発しており、上流部は地方村落の農業用水として利用されるとともに、ジャカルタ地域の中産階級以上の住民の週末保養に利用されている。中流部ではボゴール、デポックの都市部を通り、ジャカルタ特別市内に流れ込んでいる。

ジャカルタ特別市内では、市境界から中央部のマンガライ付近までは、飲料用水源として利用されており、マンガライ付近で流れは二方向に分岐し、主流はバンジール運河に流れ込み北西方向に流れてジャカルタ湾に注いでいる。もう一方のチリウン川の旧本流は、そのまま北方に流れ運河網を経てジャカルタ湾に注いでいる。

2-2-2 チリウン川流域の概況

ジャカルタ特別市内のチリウン川流域の状況は、以下のとおりである。

ジャカルタ特別市の南部境界付近から市中央部のマンガライ付近までの流域は、市内で最も人口の密集した地域であり、平屋、二階建ての住宅が土地利用の中心を占め、家内工業を中心とした小規模の工場が混在している。川沿には地方から流入した低所得者や失業者等が住みつき、バラック建てのスラムが広がっている。

これらの川沿の住民は、河川水をそのまま洗面、入浴、洗濯、食器洗いなどに利用し、川べりの簡易トイレからはし尿をそのまま河川中に排出している。家庭ごみの多くは、河川の中に投棄している状況にある。スラムの中に点在する零細規模の工場（豆腐製造工場、鶏精肉工場等）は、原材料を川中で洗浄し、全く未処理の廃水を放水している。

マンガライからジャカルタ湾にかけてのバンジール運河等の流域には、中規模以上の工場や商業施設が分布している。最下流のジャカルタ湾岸のアンチョール地区には、ヨットハーバー、遊園地、観光ホテル等のウォーターフロントレジャー施設が立ち並んでいる。

図2-1-1 ジャカルタ特別市の河川・水路図

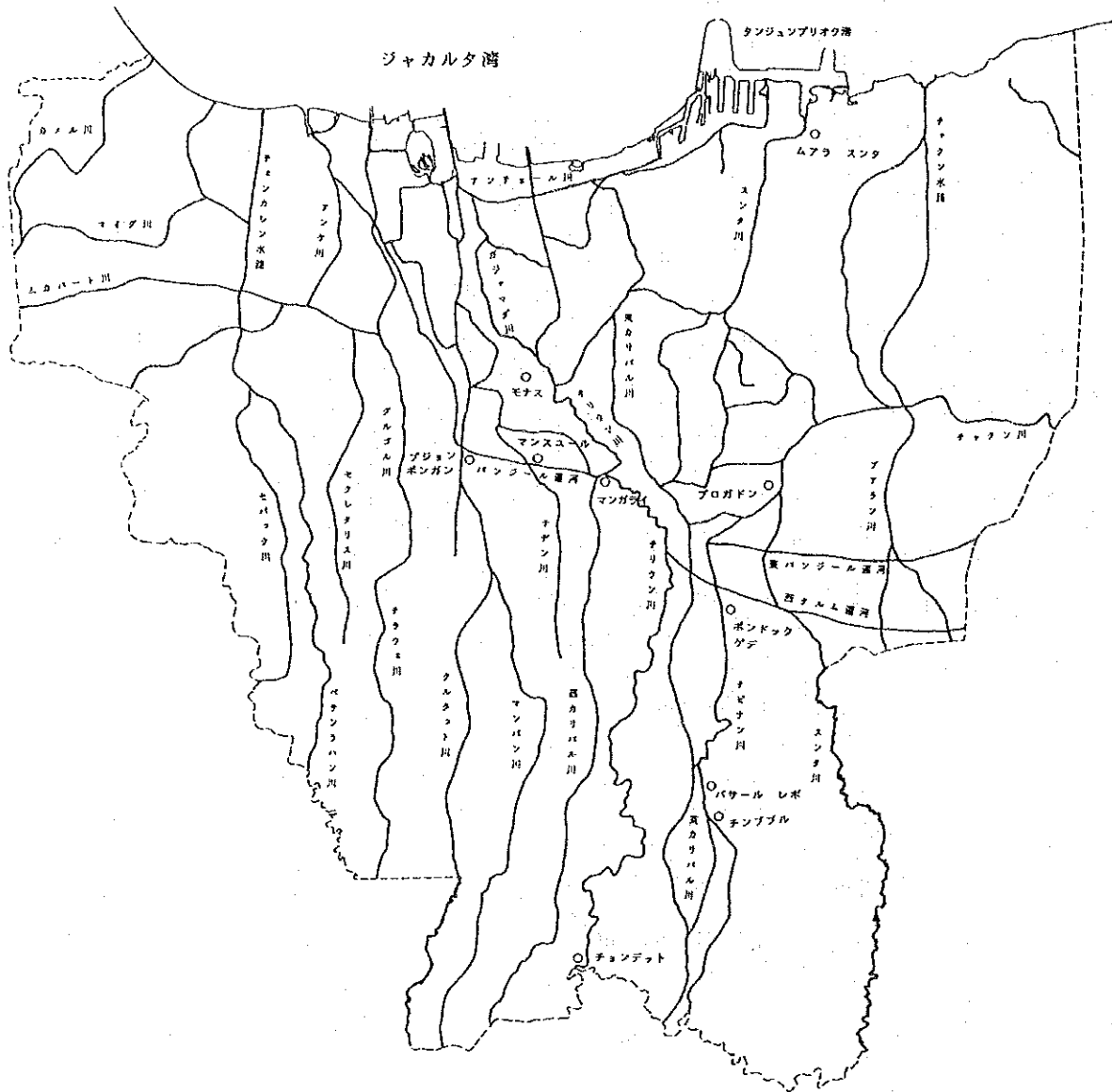


図2-2-2 チリウン川流域スラム (写真)



図2-2-3 チリウン川流域スラムの生活風景 (写真)



第3章 モデル地域における 水質汚濁の現状と問題点

第3章 モデル地域における水質汚濁の現状と問題点

3-1 水質汚濁の状況

3-1-1 河川の水質汚濁

(1) 水質環境基準の適合状況

ジャカルタ地域における主要な3河川の水質汚濁の状況を表3-1-1に示す。

各河川の水質環境基準の適合状況をみると、チリウン川では、A類型に指定されている上流ではBOD、CODともに基準に不適合であるが、D類型に指定されている下流ではBOD、CODとともに基準に適合している。

チピナン川では、上流がC類型、下流がD類型であるが、上流のCODが基準に適合しているだけであり、下流のCOD、上流、下流のBODは不適合である。ムカバート川は上流がB類型、下流がD類型であるが、上流、下流のBOD、CODともに基準に適合している。(A～D類型の説明は表3-1-1を参照)

(2) 主要河川の雨期乾期別状況

表3-1-2に河川水の流量を示した。乾期には、平均して $5\text{ m}^3/\text{s}$ 程度の水が流れており、少ないものは $2\sim 3\text{ m}^3/\text{s}$ 程度、多いものは $10\sim 11\text{ m}^3/\text{s}$ 程度であるが、チャクン水路のようにほとんど水が流れていないものもある。雨期には、平均して乾期の $3\sim 4$ 倍の $20\text{ m}^3/\text{s}$ 程度の水が流れており、少ないものは $3\sim 4\text{ m}^3/\text{s}$ 程度、多いものはチリウン川のように $40\text{ m}^3/\text{s}$ を超えるものがある。雨期の流量は乾期に比較して、平均的には $3\sim 4$ 倍程度であるが、チリウン・ガジャマダ川やスンタ川のように乾期よりもやや多め程度のものや、チリウン川のように13倍程度の水量になるものもある。

図3-1-1に雨期と乾期におけるCOD、BOD、アンモニアの各濃度と両季節の濃度比を示す。いずれも乾期の方が雨期よりも濃度が高く、その倍率をみると、CODは平均2.6、最小1.3、最大4.7であり、BODは平均2.6、最小1.3、最大5.1である。アンモニアの場合、平均は2.5であるが、西タルム運河のように濃度が低く、両季節が同じ程度の濃度のものや、チリウン・ガジャマダ川のように雨期、乾期の比が極端に大きい(53.3)のもの、カルバルチムル川のように、雨期、乾期いずれも濃度が高いものなど、様々な形態がある。アンモニア濃度が高いことは、流域に生活している住民のし尿、農業や畜産業、あるいはアンモニア使用工場

などの影響を強く受けていることを示すものである。

表3-1-1 ジャカルタ特別市内主要河川の水質測定結果

(チリウン川)

測定位置		BOD(mg/l)	COD(mg/l)	SS(mg/l)
上流	1. Condet Public Water Supply	14.40 (7.20~21.60)	26.60 (13.83~31.91)	46.00 (10.00~100.00)
	2. Manggarai Watergate	20.10 (11.25~34.10)	37.50 (17.50~73.67)	46.00 (10.00~120.00)
↓	3. KH Mas Mansyur	15.20 (8.20~24.20)	28.95 (12.61~50.69)	35.40 (15.00~160.00)
	4. PLN Pejompongan	22.00 (4.45~64.00)	48.70 (8.06~175.86)	49.00 (5.00~200.00)
下流				

(チピナン川)

測定位置		BOD(mg/l)	COD(mg/l)	SS(mg/l)
上流	1. Cibubur	16.00 (4.80~42.00)	27.98 (6.68~58.48)	26.00 (5.00~38.00)
	2. Pasar Rebo Ring Road	35.60 (8.20~76.00)	55.37 (17.26~150.28)	23.12 (5.00~40.00)
↓	3. Pondok Gede Street	28.00 (16.20~42.00)	49.78 (32.83~90.63)	35.00 (10.00~80.00)
	4. Muara Sunter	33.80 (20.40~48.00)	54.81 (23.66~87.32)	37.50 (5.00~85.00)
下流				

(ムカバート川)

測定位置		BOD(mg/l)	COD(mg/l)	DO(mg/l)
上流	1. Serpong	9.15 (1.40~16.67)	24.75 (17.00~32.50)	6.41 (5.80~7.50)
	2. Public Water Supply Intake	12.16 (1.20~23.67)	26.01 (16.01~36.03)	5.97 (5.50~6.60)
↓	3. Mauk	13.15 (1.70~29.00)	41.95 (14.00~69.90)	6.06 (5.30~6.80)
下流				

注：1) 表の値は平均値を示す。()内は(最低~最高)を示す。

2) 環境基準値 BOD: A類型(10mg/l)、B類型(20mg/l)、C類型(20mg/l)、D類型(30mg/l)
COD: A類型(20mg/l)、B類型(30mg/l)、C類型(30mg/l)、D類型(50mg/l)
A類型(飲料用水)、B類型(工業用水)、C類型(農業用水)、
D類型(その他)

3) 類型指定: チリウン川上流(A類型)、チピナン川上流(C類型)、ムカバート川上流(C類型)、
下流は全て D類型

4) 刊川は1989年12月~1990年6月、ピナン川は1989年12月~1991年6月、ムカバート川は1990年2月~1991年2月のデータである。

出典: PROKASIH (1991)

表3-1-2 ジャカルタ特別市内主要河川の水量比較

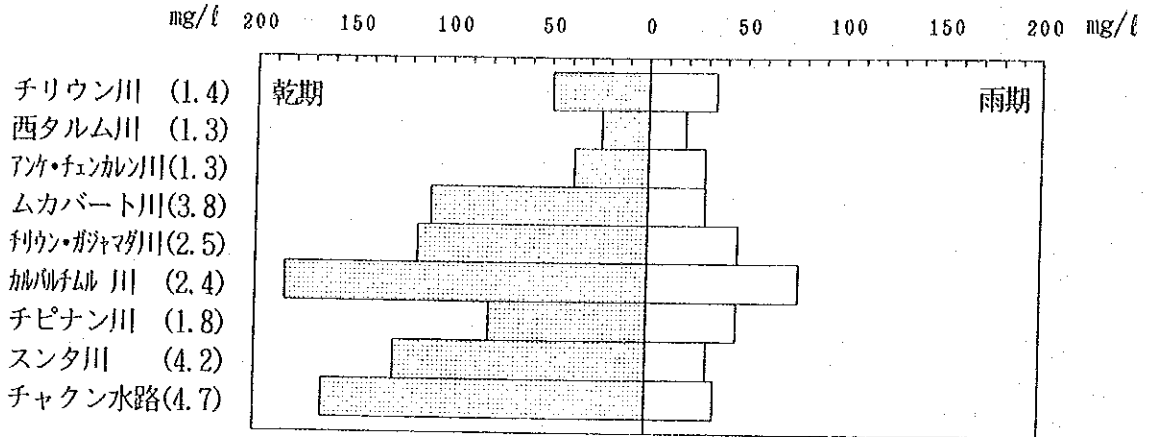
河 川 名	乾期 (m ³ /S)	雨期 (m ³ /S)	雨 期
	平均 (最低~最高)	平均 (最低~最高)	乾 期
チリウン川	3.5 (2.7 ~ 4.3)	44.7 (42.4 ~47.0)	12.8
西タルム運河	11.1 (8.8 ~13.4)	32.8 (26.2 ~39.6)	3.0
アウ・フェカレン水路	10.9 (0.8 ~21.0)	33.3 (21.1 ~45.5)	3.1
ムカバート川	2.1 (1.8 ~ 2.4)	9.0 (3.4 ~14.6)	4.3
リウン・ガヤマダ川	3.2 (1.1 ~ 5.3)	3.5 (2.9 ~ 4.0)	1.1
チピナン川	1.8 (0.03~ 3.5)	3.8 (0.09~ 7.5)	2.1
スタ川	10.4 (9.4 ~11.3)	11.7 (11.3 ~12.1)	1.1
チャクン水路	0.04(0.03~ 0.05)	3.0 (2.3 ~ 3.7)	75

注：各河川の最下流地点のデータ

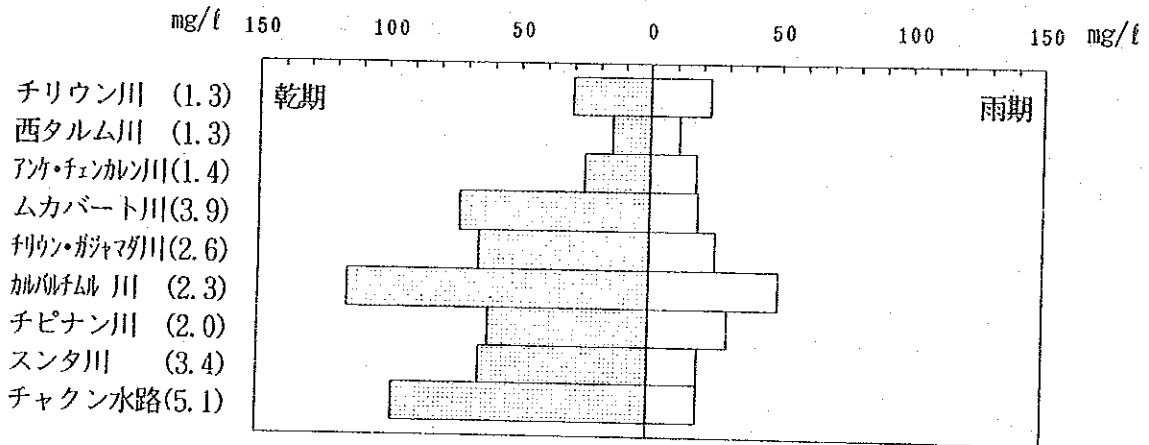
出典：KPPL PROKASIH (1990)から作成

図 3 - 1 - 1 主要河川の雨期乾期別水質汚濁濃度

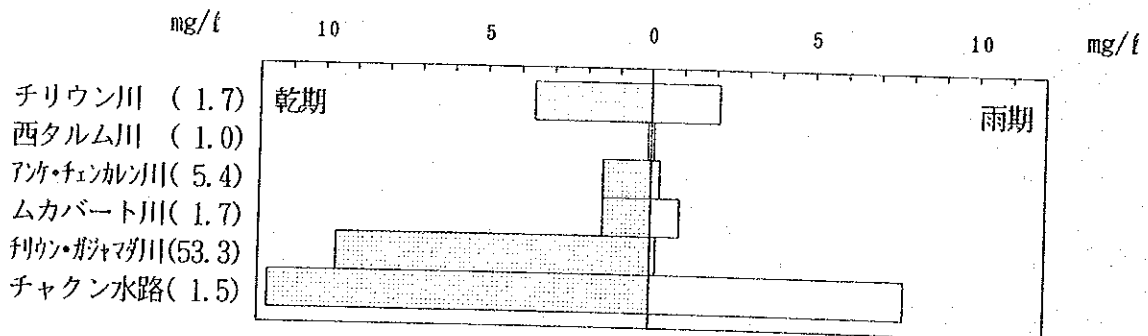
COD



BOD



アンモニア



注：1) 各河川の最下流地点のデータ

2) () は (乾期/雨期) の値

出典：KPPL PROKASIH (1990)から作成

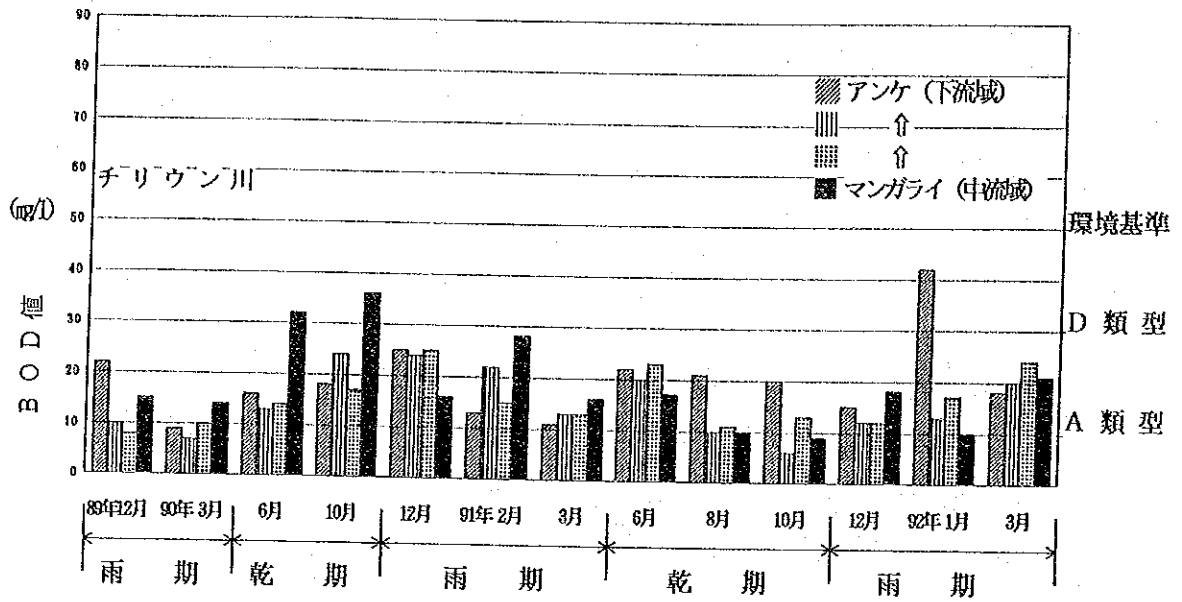
(3) チリウン川の水質汚濁の現状

図3-1-2と図3-1-3にチリウン川のBOD濃度とCOD濃度の季節変動を示す。ジャカルタ特別市の雨期は11月～4月、乾期は5月～10月であり、BOD、CODともに乾期の始まりとともに徐々に濃度が上昇し、雨期に入ると多量の降雨によって滞留物が流される、いわゆるフラッシュアウト効果によってBOD、CODともに濃度が減少している。この現象は中流域において顕著である。1992年1月（雨期）に下流でBOD濃度が極端に高いのは洪水によって汚濁物質が下流に押し流された結果と推定できる。

CODのデータにおいて1991年2月（雨期）に80ppmと最高値を示しているが、BODは28ppm前後と顕著な値を示していないことから、この時期に多量の工場廃水が中流域のチリウン川に流れ込んだものと推定される。チリウン川の中流域の測定地点は、環境基準のA類型に指定されており、基準値はBODが10ppm、CODが20ppmである。A類型というのは飲料用水源となっているが、1989年12月から1992年3月までの間で基準に適合した月は、BODで7%、CODで20%であった。チリウン川下流のアンケートの環境基準はD類型であり、基準値はBOD30ppm、COD50ppmである。基準適合率は、BODで100%、CODで95%である。

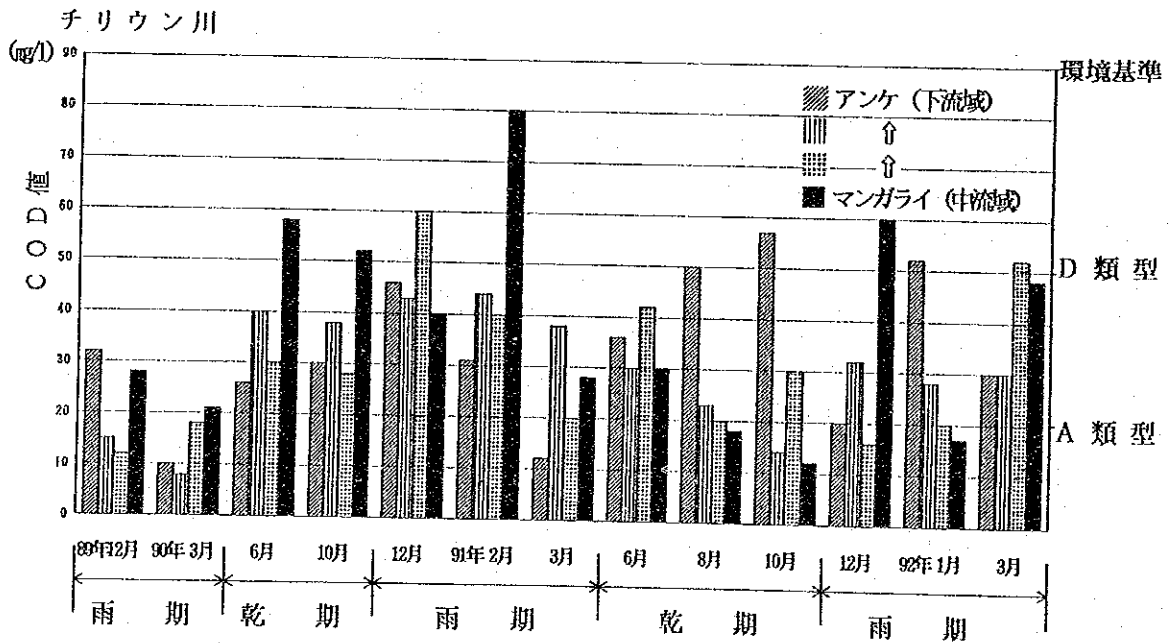
チリウン川は、飲料用水の水源とみなされているため、上流域、中流域はA類型に指定されているが、先に示したように概ね環境基準に不適合である。この流域は、人口が密集している地帯であり、住民の生活に伴う排水も多量に流入していることから、工場廃水、生活排水等の各種発生源の対策を始めとし環境基準の類型指定の見直しを含めた総合的な対策が必要であると思われる。

図3-1-2 チリウン川のBOD濃度



出典：KPTL, PROKASHI (1992)より作成

図3-1-3 チリウン川のCOD濃度



出典：KPTL, PROKASHI (1992)より作成

3-1-2 海域の水質汚濁

都市開発や工業開発により排水や廃棄物が発生するが、これらは農業と並び沿岸海洋環境を汚染する原因となっている。排出源は、河川流域及び沿岸部（住宅地、農業、鉱業）、海洋部（油田や鉱業）、集水区域（種々の開発）にある。ジャカルタ湾のタンジュプリオク港周辺では石油精製所や石油化学工場さらには湾内のドックなどからの排水や流出油によって海面に石油の膜がしばしば発生している。

1980年、ジャワ等周辺の沿岸水の汚染実態調査がインドネシア国立海洋研究所によって行われている。調査項目は、有機物汚濁の指標であるBOD及びCOD並びに銅、カドミウム、クロム、鉛の4種の有害重金属などが測定された。図3-1-4及び表3-1-3にその結果を示す。

また、インドネシア国立海洋研究所とエネルギー研究所によって、1977年から1978年にジャカルタ湾の水質汚濁調査が行われた。ジャカルタ湾内14ヶ所で採取された海水試料から有害重金属が検出され、ジャカルタ湾の重金属汚染が深刻な状況にあると報告され、注目されはじめた。その濃度は、水銀 1.2~35.4mg/l、鉛28~633mg/l、亜鉛51~749mg/l、カドミウム 175~200mg/lである。

図3-1-4 ジャワ島沿岸海域のCOD濃度

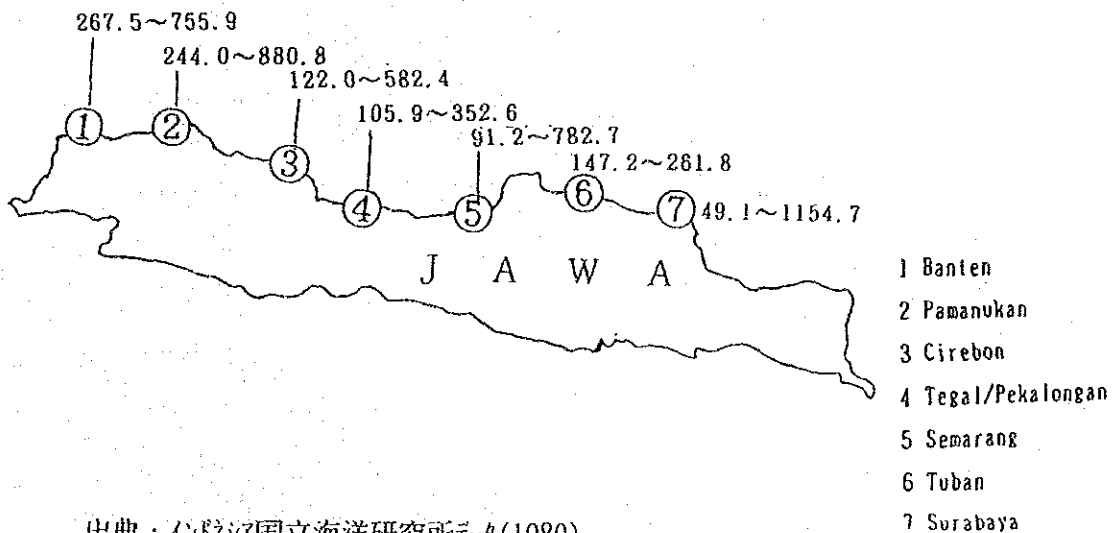


表3-1-3 ジャワ島周辺、ジャカルタ湾の水質濃度

調査地点	水温		溶存酸素	BOD	COD	Cu	Cd	Cr	Pb	Hg	Zn	As
	°C		mg/l	mg/l	mg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l
ジャワ島周辺												
1 Banten	29.1-29.6	6.1-6.1	27.0-27.0	267.5-755.9	10-20	ND	ND	ND	ND			
2 Pamanukan	29.1-29.6	6.3-6.5	30.0-65.0	244.0-880.8								
3 Cirebon	28.8-29.2	6.4-6.5	27.0-27.0	122.0-582.4	10	ND	ND	ND	ND			
4 Tegal/Pekalongan	29.0-29.3	6.0-6.5	30.0-51.0	105.9-352.6								
5 Semarang	28.3-28.7	6.1-6.6	33.0-45.0	91.2-782.7	10	ND	ND	ND	ND			
6 Tuban	27.8-28.3	6.3-6.3	39.0-51.0	147.2-261.8	10	ND	ND	ND	20			
7 Surabaya	27.8-29.9	5.8-6.4	42.0-63.0	49.1-1154.7	10-20	ND	ND	ND	ND			
ジャカルタ湾							175-200	28.0-633	1.2-35.4	51-497		

注：NDは不検出を示す。

出典：1) ジャワ島周辺は、インド国立海洋研究所 (1980)

2) ジャカルタ湾は、インド国立海洋研究所、地球-研究所 (1983)

3-1-3 河川・海域の利用と水質汚濁の影響

(1) 上水道

ジャカルタ特別市の水源は、南方50~70kmにある山岳地域に降る雨水であると言われている。水源確保のためにジャカルタ特別市の南部地域の開発は規制されている。水は河川を通じ、あるいは地下水となってジャカルタに到達する。ジャカルタ地域の大小19本の河川からは安定な水量が期待できないため、市の水源は主に100km離れたジャティフル貯水池からの西タルム運河に頼っている。

ジャカルタ特別市内の主要3河川については、それぞれチリウン川は上水道の水源として、チピナン川は農業用水、ムカバート川は水産漁場として重要な役割を果たしている。チリウン川はジャカルタ特別市内の住民の約30%が使用している上水道の供給源である。ジャカルタ特別市内には大小合わせて12の浄水場があるが、市内最大の浄水場であるプジョンポンガン浄水場（第I、第IIの2つからなり、チリウン川水系のバンジル運河を水源とする）を含めて4つの浄水場の水源となっている。

ジャカルタ特別市の水道水供給量は十分ではないため、多くの企業は深井戸、家庭では浅井戸から汲み上げた地下水を使用している。ジャカルタ地域の深層地下水は、最近の過剰な地下水汲み上げによって海水の浸入や生活排水による汚染が見られるようになってきた。また、川沿いに生活する住民の多くは、河川水をそのまま生活用水として利用している。

(2) 河川流域住民の健康状態

ジャカルタ特別市における年別、疾病別患者数を表3-1-4に示す。報告されている患者数は実際の患者数の一部であると推察されるが、消化器系疾患（下痢）、赤痢、腸チフス、パラチフスなどの消化器系伝染病や、条虫、線虫などの寄生虫によるものが主な疾病である。また地域別の患者発生数を概観すると、河川の汚濁状況が深刻なジャカルタ特別市北部の患者数は南部より、このような水系伝染病の発生率が高いことも指摘されており、ジャカルタ特別市における疾病の発生に、河川水の汚濁が直接関与していることが推察される。

また貧困層の乳児死亡率は1980年で出生千対120にのぼり、これは我が国の大正末期から昭和初期の死亡率に等しい。主な死亡原因は表3-1-5に示すように高熱、消化器系疾患によるとされており、飲料水の人為的汚染との関連性が極めて高いことが推定される。

今後、疾病の発生状況の把握、飲料水汚染との因果関係を明らかにする詳細な疫

学調査が行われ、環境改善が図られることが望まれるが、一般に清浄な飲料水供給によって消化器系伝染病のみならずその他の疾病も激減するため、生活用水の供給が急務であると考えられる。

表3-1-4 ジャカルタ地域の疾病患者数 (1984~88年)

(単位：人)

症 状	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	平 均
消化器系疾患	140133	183539	252484	167554	143819	177506
コレラ	2923	3720	3388	519	178	2146
赤痢	34087	16364	10833	8242	6127	15131
腸チフス	3072	2913	2443	1324	1348	2220
パラチフス	不明	476	639	1210	1740	813
条虫	1912	764	583	256	132	729
線虫	10082	9525	5315	4682	6239	7169
糸状菌症	不明	9673	11771	12621	8061	8425
合 計	192209	226974	287456	196408	167644	214139

出典：インボソ大学資料より作成

表3-1-5 ジャカルタのスラム地域における幼児死亡の主要因

幼児死亡の主要因	%
高熱	38
消化器系疾患	20
麻疹	10
痲瘵	4.9
その他	27.1
合 計	100

出典：インボソ大学資料より作成

3-2 水質汚濁の発生要因

3-2-1 工場廃水

インドネシア国の産業は、伝統的にはパームオイル、タピオカスターチ、砂糖精製、食品加工、合板など、農作物の一次加工が主なものである。これらの工場はいずれも小規模であり、廃水中に有機物質を高濃度に含むため、水質保全上の問題が発生しやすい。また、小規模工場の中には、繊維、皮なめし、電気メッキなど、重金属やシアン含有物質等の有害化学物質を排出する可能性の高いものも存在する。これらの工場では、廃水処理施設の整備が遅れており、有害化学物質を高濃度に含む廃水を未処理のまま排出している例も見受けられる。

製油所や石油化学工場では、流出油や排水中の油による汚染が問題となっている。また、工業化の進展に伴い、紙パルプの製造業、繊維製造業、食料品製造業等の中・大規模工場の立地が進んでいるが、対策が不十分なため環境汚染を引き起こしている例もある。

この他、工業化の進展に伴い、紙パルプ製造業、繊維製造業、食品製造業などの中規模から大規模の工場の立地も進んでおり、対策が不十分な場合には、地域的に大きな社会問題を引き起こしている事例も見られる。

インドネシア全体の工場のうち、ジャワ島には、工場数で80.1%、従業者数で78.8%、生産額で76.4%が存在しており、このうち約1/3はジャカルタの海岸平野からバンドン盆地にいたる地域に集中している。

ジャカルタ特別市内には、1990年3月末現在、約26,000の工場がある。業種としては、繊維、衣服、皮革工業が約7,800、機械・金属製品工業が約5,100、化学工業が約5,000、食料品製造工業が約3,200、製紙工業が約2,800などである。

ジャカルタ特別市内に工場を設置しようとする場合は、国の工業省及びジャカルタ特別市の投資調整局に許可申請を行うこととなっている。申請書類の中で、事業内容、事業規模等の把握は可能であるが、廃水処理施設等の公害防止施設の設置状況等については、記載する必要がない。このため、ジャカルタ特別市内に存在する工場から排出される廃水の実態については、十分な把握がなされていない状況にある。

3-2-2 生活排水

ジャカルタ特別市では、都市下水道の整備はほとんど進んでおらず、家庭排水のうち台所、風呂、洗濯の排水は無処理のまま排水路に流されている。し尿については、人口

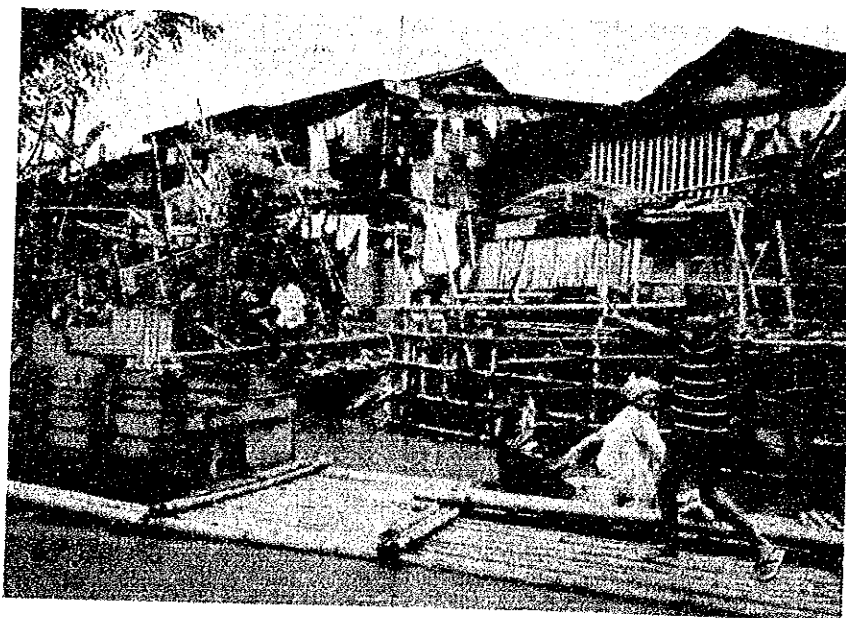
の約68%が浄化槽または地下浸透により処理を行っており、17%の人々は排水路に直接放流する便所、6%の人々は浄化槽を備えた公衆便所を使用し、9%の人々は全く設備の無い状況にある。(図3-2-1参照)このような不十分な尿処理、生活排水処理が、河川や運河の汚濁につながり、またジャカルタ特別市における地下水汚染の原因ともなっている。

チリウン川の上流の流域は人口が密集しており、インドネシア大学では、これらの地域から排出されるBODの負荷量を次のとおり試算している。対象とする地域は、上流部の市境界から、中流部のブジョンポンガン取水場までの35.5kmであり、流域面積は約120 km²、人口は約196万人である。土地利用は、住宅地88.6%、事業所・商業地17.1%、工業用地1.6%などである。これらの地域から排出される生活排水は、排水量約23万m³/日、BOD負荷量約49トン/日であり、全体の約7割を占めている。

またチリウン川に廃棄される都市廃棄物の量は約37トン/日であり、これはBOD負荷量としては11トン/日に相当すると推定している。

ジャカルタ特別市の下水道は、世銀の融資により、1983年度から都市中心部の一部についてパイロットプロジェクトとして工事が進められてきた。既に28,000m³/日の処理能力を有するスティアブディ処理場が稼動している。またJICA開発調査により衛生施設・下水道計画マスタープランが1990年度に策定され、このマスタープランに基づき1992年度からOECFの融資による事業着手が決まっている。

図3-2-1 チリウン川流域スラムの共同簡易トイレ (写真)



3-2-3 廃棄物

ジャカルタ特別市で発生する一般廃棄物の量は、一日あたり約21,000 m³ (1990年)であると推定されている。このうち60~80%が埋立地で処理されており、残りの一般廃棄物は焼却されたり、公共地、運河や河川に不法投棄されている。(図3-2-2参照)

ジャカルタ特別市で発生する産業廃棄物については、103の工場から年間431,340 トン(1984年)が排出され、そのうち199,760 トン(46%)が処理、処分されたに過ぎないと推定されている。急速な工業化の進展に伴う有害廃棄物の増加に対応するため、処理・処分場の早急な建設、整備が必要とされている。

図3-2-2 チリウン川流域のごみ投棄の現状(写真)



3-2-4 農業開発と農薬使用

農業が水質汚濁に及ぼす影響は、農地開発それ自体が引き起こす問題と、使用される農薬の問題である。

インドネシア国では、現在、約4,000万人弱の農業人口を擁しているが、人口増加に対応し第5次5ヵ年計画の中だけでも約400万人の雇用拡大を農業部門で図ろうとしている。この結果、85年から87年の2ヵ年のみで水田面積で50万ha、高原や山地の農地面積が96万haと国土の0.75%もの農地拡大が図られている。

このようにわずかの期間に多くの面積を農地化しなければ農業セクターの雇用を確保できない状況にあることが、移住政策を含め、低地原生林を中心に約120万k m²もある熱帯雨林が毎年1%近くも転用されている原因となっているわけであり、こうしたこと

が土地の保水力の低下や土壌浸食を加速している。

農薬については、全国ベースで1974年から1984年にかけての10年間の使用量は約8倍も増加している。1986年には1年間で稲作に約3万7千トン、その他の作物に約5千トンが散布された。ジャワ島では、全国の農薬消費量のうち約65%が使用されている。

現在のところ、環境中に残留する農薬の濃度は比較的低いレベルにとどまっており、有機塩素系農薬の残留濃度も保健省の設定した環境基準(0.10mg/l)に適合している状況にある。しかしながら、法規制されている有機塩素系及び有機リン系の農薬が依然として市場に出回っている状況にあり、モニタリングを継続して行う必要がある。

3-2-5 森林消失

森林の破壊や劣化は、土地の保水力の低下や土壌の浸食を引き起こし、引いては河川への土砂の流出、堆積を生じるなど、水質汚濁の原因となっている。

森林破壊の背景としては、次のものがある。

- ① 農地開発
- ② 宅地開発
- ③ 林業による伐採
- ④ 移動農業(焼畑)
- ⑤ 森林火災

森林の消失は、主に土地の転用や伐採、山火事によるものが多い。ジャワ島では、他の島々に比べて森林の火事が多いが、消火活動も比較的うまくいっているようである。移動農業は、ジャカルタ市域やチリウン川流域には見当たらない。

3-2-6 地下水の揚水

ジャカルタの海岸平野部は沖積土層が分布しており、これらの層は粘土層にはさまれた砂または砂利の層が帯水層となるため、地下水が豊富である。

ジャカルタ特別市では、生活用水の7~8割は地下水でまかなわれている。また、工業用水にも使用されており、多量の地下水汲み上げは、ジャカルタ湾沿岸での地盤沈下や地下水の塩水化を促進させることとなっている。帯水層への海水の進入は、海岸線から5~6km、地下60~100mの地点まで進んでいることが確認されている。

3-2-7 土質・地形

2-1-2の項(気候)で述べたようにジャカルタ地域は、高温多雨という気象条件のため地表の風化作用の進行が速く、表土が流出しやすい条件を備えている。さらに、山岳部は急勾配で流域が狭く、かつ降雨量が多いため土壌体が不安定である。土壌の性質については、赤黄色ポドゾル性土壌やアルミニウム含有量の多いラテライトにより構成されており、集中的な土壌流出が生じる原因となっている。

海域の地形についていえば、河川の汚濁水が注ぎ込むジャカルタ湾は遠浅(平均50m程度)であり、汚濁物質の拡散はあまり速くはない。また潮流の影響で汚濁物質が沿岸または都市内の水路まで押し戻されるという状況もみられる。

3-2-8 洪水

インドネシア国では、洪水による災害が多発している。これはインドネシアの気候や地形、土壌などの自然条件によるものの他に、森林伐採などの人為的な原因が重なることによるものである。1983年~88年までの5年間でも約12,000件の洪水災害が記録されており、被害総額は1兆1千億ルピア(6億2,500万US\$)と見積もられている。洪水災害により年間に平均して1,000人程度が死亡し、5,000人が負傷している。住家を失ったものは10万人にのぼると推定されている。洪水は概ね一定の地域で繰り返して発生しており、家屋倒壊や浸水などの直接的な影響とともに、著しく汚染された河川水が住民の生活環境に溢れ出ることにより水系伝染病を蔓延させる原因になるなどの間接的な影響が、社会的・経済的に大きな問題となっている。

ジャカルタ特別市の洪水対策は、1973年に策定された長期計画に基づいて行われている。洪水対策事業の主なものとしては、チェンカレン水路及びアンケ水路の整備があり、西部地域における洪水の防止に効果をあげている。市の北部、中央部及び東部においても洪水対策事業は継続されているが、北部の治水計画は地盤沈下により支障をきたしている。

3-3 水質環境保全に係る法制度

3-3-1 水質環境保全の関連法令

インドネシア国における環境に関する法制度は長い歴史を有している。オランダ植民地時代以前には、国内の様々な地域において、移動農業、森林伐採禁止の伝統、伝統的な水質保全システム等、伝統に基づく「環境保護」の試みが様々な形で行われていた。

最も古い法令としては、オランダ植民地時代の1916年、海岸線から32マイル以内に存在する海洋資源の開発を禁止するなどの天然資源開発に関する発令がなされた。これ以降、様々な環境保全に関する法令が制定された。これらの古典的な法律は、産業の発達、都市化の進展等に起因する公害問題が複雑化、多様化する中で、実状に合わなくなり実効性が失われてきた。

このため、インドネシア政府は、1972年のストックホルム会議以降、「国家環境委員会」設置し環境政策の策定に着手した。ここで対象とされたのは、次の三分野である。

- ① 人口、住宅、環境に関する問題
- ② 天然資源及び環境の管理
- ③ 環境汚染に関する問題

次いで、制度的な基盤整備が行われ、環境管理は、それぞれの事業の主管官庁が州政府の支援を受けつつ実施されることとなった。また1978年の政策大綱及びこれに引き続く「第3次開発5ヶ年計画」に基づき、各省庁において生活環境保全に係る省令の整備が行われた。

環境保全基本法の策定作業は1976年以降続けられ、1978年には環境政策問題に関する権限調整を行うため、開発・環境担当特別大臣が任命された。なお、1982年には、人口・環境大臣として新たに任命が行われた。そして、1982年には環境保全対策の推進の基礎となる環境保全基本法が制定された。この法律は、環境管理に関する原則を明らかにし、他の環境関連法規に対する基本的な指針となることをねらいとしたものであり、目的、原則、権利、義務、国の責務、体制、補償、罰則等について24条にわたる規定が盛り込まれている。

環境保全基本法の目的は次の5項目であり、「持続可能な開発(Sustainable Development)の観点に立ち、調和的でバランスのとれた環境の保全をねらいとしたものである。

- ① インドネシア国民の全体としての発展を目的とした、人間とその生活環境の調和的関係の確立。
- ② 天然資源の賢明な利用のための規制。

- ③ インドネシア国民を生活環境の保全者として育成する。
- ④ 現在と未来の世代のため、開発に際しては環境に十分配慮する。
- ⑤ 環境汚染や環境破壊を引き起こすような領土外の活動から国家を守る。

環境保全基本法の構成は次のとおりである。

- 第1章 定義（第1条～第2条）
- 第2章 原則と目的（第3条～第4条）
- 第3章 権利、義務、責務（第5条～第6条）
- 第4章 生活環境の保全（第11条～第17条）
- 第5章 組織体制（第18条～第19条）
- 第6章 補償（第20条～第21条）
- 第7章 罰則（第22条）
- 第8章 経過措置（第23条）
- 第9章 公布・施行（第24条）

現在、水質環境保全に関する主要な法令としては、次のものがある。

- 1982年 環境保全基本法
- 1984年 工業法
- 1985年 漁業法
- 1986年 環境影響評価に関する政令
- 1988年 環境基準の設定に関する人口環境大臣告示
- 1990年 水質汚濁防止に係る政令

3-3-2 水質環境基準

インドネシア国の水質環境基準は、1988年の人口環境大臣告示 (Ministerial Decree No. 02/MENKLH 1988) により制定されたが、その後、1990年の政令 (Government Regulation No. 20, 1990 regarding the control of water pollution) により改められた。

河川水の水質環境基準は、その利水目的に応じて下記の4類型で設定されており、各州政府が個々の水域ごとにその利水用途に応じ、いずれかの類型にあてはめることとなっている。

A類型：無処理で飲料に適する。

B類型：適切な処理により飲料に適する。

C類型：漁業、家畜の飼育に適する。

D類型：農業、工業、水力発電に適する。

各類型ごとに、物理的性状は7項目、化学的性状は32項目の無機物及び27項目の有機物、微生物2項目、放射性物質2項目、合計70項目が定められている。(表3-3-1参照)

各州政府は、類型化に際し、独自の利水用途に応じた基準を設定したり、基準値の項目や数値を変更させることも可能である。また、州政府により類型化の行われていない水域については、B類型が自動的にあてはめられることとなっている。

ジャカルタ特別市では、1988年9月、河川水質許容基準に関するジャカルタ特別市知事決定により、類型の定義そのものを下記のとおり修正するとともに、独自の基準値を定めている。これは、物理的性状5項目、化学的性状26項目、有機物8項目、特殊物質6項目、細菌類2項目、合計47項目である。(表3-3-2参照)

A類型：飲料用水

B類型：工業用水

C類型：農業用水

D類型：その他

ジャカルタ特別市内の主要3河川における水質環境基準の類型指定は次のとおりである。チリウン川ではマンガライ付近より上流はA類型(飲料用水)、下流はD類型(その他)であり、チピナン川では上流はC類型(農業用水)、下流はD類型(その他)であり、ムカバート川では上流はB類型(工業用水)、下流はD類型(その他)となっており、それぞれ河川水の利用目的に応じた指定がなされている。

表3-3-1 河川の水質環境基準（全国）

No. 項目	単位	基準値			
		A類型	B類型	C類型	D類型
I (物理的性状)					
1 におい		無臭			
2 溶存固形分	mg/l	1000	1000	1000	2000
3 濁度	NTU	5			
4 味		無味			
5 温度	°C	気温±3°C	通常	通常±3°C	通常
6 色度	TCU	15			
7 電気伝導度(25 °C)	μmho/cm				2250
II (化学的性状)					
(a. 無機物)					
1 水銀	mg/l	0.001	0.001	0.002	0.005
2 アルミニウム	mg/l	0.2			
3 砒素	mg/l	0.05	0.05	1	1
4 遊離アンモニア	mg/l		0.5	0.02	
5 バリウム	mg/l	1.0	1		
6 鉄	mg/l	0.3	5		
7 ホウ素	mg/l				1
8 臭素	mg/l	0.5	1.5	1.5	
9 カドミウム	mg/l	0.005	0.01	0.01	0.01
10 CaCO ₃ 硬度	mg/l	500			
11 塩化物	mg/l	250	600		
12 遊離塩素	mg/l			0.003	
13 6価クロム	mg/l	0.05	0.05	0.05	1
14 コバルト	mg/l				0.2
15 マンガン	mg/l	0.1	0.5		2
16 ナトリウム	mg/l	200			60
17 硝酸性窒素	mg/l	10	10		
18 亜硝酸性窒素	mg/l	1.0	1	0.06	
19 塩分濃度	%				60
20 ニッケル	mg/l				0.5
21 溶存酸素	mg/l		蒸気では6以上	3以上	
22 銀	mg/l	0.05			
23 pH		6.5-8.5	5-9	6-9	5-9
24 セレン	mg/l	0.01	0.01	0.05	0.05
25 亜鉛	mg/l	5	5	0.02	2
26 シアン化合物	mg/l	0.1	0.1	0.02	
27 硫酸塩	mg/l	400	400		
28 硫化物(H ₂ S)	mg/l	0.05	0.1	0.002	
29 ナトリウム吸収率	meq/l				18
30 銅	mg/l	1.0	1	0.02	0.2
31 鉛	mg/l	0.05	0.1	0.03	1
32 炭酸ナトリウム残基	mg/l				25-2.50

(続く)

(表3-3-1 続き)

項目	単位	基準値			
		A類型	B類型	C類型	D類型
(b. 有機物)					
1 7,8-ジブロムジフルオロペンゼン	mg/ℓ	0.0007	0.017		
2 ベンゼン	mg/ℓ	0.01			
3 ベンツピレン	mg/ℓ	0.00001			
4 BHC	mg/ℓ			0.21	
5 クロロデン	mg/ℓ	0.0003	0.003		
6 クロロホルム	mg/ℓ	0.03			
7 2,4-D	mg/ℓ	0.10			
8 DDT	mg/ℓ	0.03	0.042	0.002	
9 界面活性剤	mg/ℓ	0.5			
10 1,2-ジクロロエタン	mg/ℓ	0.01			
11 1,1-ジクロロエタン	mg/ℓ	0.0003			
12 エンドリン	mg/ℓ		0.001	0.004	
13 フェノール	mg/ℓ		0.002	0.001	
14 4,4'-ジクロロ-4,4'-ジフェニルエタン	mg/ℓ	0.003	0.018		
15 ヘキサクロロベンゼン	mg/ℓ	0.00001			
16 リンデン	mg/ℓ	0.004	0.056		
17 知母抽出物	mg/ℓ		0.5		
18 メトキシクロール	mg/ℓ	0.03	0.035		
19 油分	mg/ℓ		不検出	1	
20 有機燐剤、カーバト剤	mg/ℓ		0.1	0.1	
21 PCB	mg/ℓ		不検出		
22 2,4,6-トリクロロフェノール	mg/ℓ	0.1			
23 殺虫剤総量	mg/ℓ	0.1			
24 2,4,6-トリクロロフェノール	mg/ℓ	0.01			
25 有機燐-活性物	mg/ℓ		0.5	0.2	
26 トキサフェン	mg/ℓ		0.005		
27 有機物(KMnO ₄)	mg/ℓ	10			
III (微生物)					
1 糞便性大腸菌群数	MPN/100ml	0	2000		
2 総大腸菌群数	MPN/100ml	3	10000		
IV (放射性物質)					
1 総アルファ線	Bq/ℓ	0.1	0.1	0.1	0.1
2 総ベータ線	Bq/ℓ	1.0	1.0	1.0	1.0

注：A類型：無処理で飲用に適する
 B類型：適切な処理により飲用に適する
 C類型：漁業、家畜の飼育に適する
 D類型：農業、工業、水力発電に適する

出典：Government Regulation No. 20, 1990 regarding the Control of Water Pollution

表3-3-2 河川の水質環境基準(ジャカルタ特別市)

項目	単位	基準値			
		A類型	B類型	C類型	D類型
I (物理的性状)					
1 導伝率	μ mho/cm	500 (500)	750 (500)	750 (750)	1,500(1,000)
2 濁度	NTU	150 (<100)	100 (<50)	150 (100)	150 (100)
3 温度	°C	通常 (通常)	通常±3(通常±3)	通常 (通常)	通常 (通常)
4 色度	Pt-Co スケール	100 (<50)	100 (<50)	100 (<50)	—
5 溶解物質	mg/l	500 (<500)	—	—	—
II (化学的性状)					
1 アモニア性窒素	mg/l	2 (0.01)	<2 (<1)	—	1 (1)
2 水銀	mg/l	0.001 (0.0005)	0.002 (0.002)	0.005 (0.002)	0.002 (0.002)
3 砒素	mg/l	0.05 (0)	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)
4 バリウム	mg/l	1 (0)	1 (<1)	1 (1)	1 (1)
5 鉄	mg/l	2 (<1)	2 (<1)	—	3 (1)
6 ホウ素	mg/l	1 (<1)	—	0.7 (0.7)	—
7 フッ素	mg/l	0.5-1.5(0.5-1.5)	1 (1)	1 (1)	1.5 (1.5)
8 硫化水素	mg/l	0 (0)	0.002 (0)	—	0 (0)
9 カドミウム	mg/l	0.01 (0)	0.01 (0.01)	0.01 (0.01)	0.01 (0.01)
10 塩素イオン	mg/l	100 (25)	20 (12)	—	—
11 クロム	mg/l	0.02 (0)	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)
12 炭酸カルシウム	mg/l	100 (100)	100 (60)	—	60-100 (60-100)
13 カルシウム	mg/l	—	—	—	25- 40 (25- 40)
14 マンガン	mg/l	1 (0.05)	0.5 (0.5)	—	—
15 ニッケル	mg/l	0.1 (0.1)	0.01 (0.01)	—	—
16 硝酸塩	mg/l	10 (5)	10 (10)	10 (10)	10 (10)
17 亜硝酸塩	mg/l	2 (0)	2 (<1)	—	1 (1)
18 銀	mg/l	0 (0)	—	—	—
19 pH		6-8.5 (6-8.5)	6-8.5 (6-8.5)	6-8.5 (6-8.5)	6-8.5 (6-8.5)
20 リン酸	mg/l	0.5 (0.5)	0.2-0.5(0.2-0.5)	0.2 (0.2)	0.5 (0.5)
21 セレン	mg/l	0 (0)	0.02 (0.02)	0.01 (0.01)	0.04 (0.04)
22 コバルト	mg/l	—	0.5 (0.5)	—	—
23 亜鉛	mg/l	1 (1)	0.2 (0.2)	1 (1)	1 (1)
24 硫酸イオン	mg/l	100 (<50)	50 (12)	25 (12)	15 (12)
25 銅	mg/l	0.1 (0)	0.02 (0.02)	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)
26 鉛	mg/l	0.1 (0.05)	0.03 (0.03)	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)
III (有機物)					
1 加水抽出物	mg/l	0.04 (0.04)	0.04 (0.04)	0.04 (0.04)	0.04 (0.04)
2 メリカール 活性物	mg/l	1 (0)	—	—	—
3 油脂、脂肪	mg/l	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
4 シアン化物	mg/l	0.05 (0)	0.01 (0.01)	0.02 (0.02)	0.2 (0.2)
5 フェノール	mg/l	0.05 (0.001)	0.02 (0.1)	0.2 (0.02)	0.2 (0.2)
6 有機塩素化合物	mg/l	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
7 有機リン化合物	mg/l	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
8 界面活性剤	mg/l	—	0.5 (0.5)	0.25 (0.02)	0.2 (0.2)

(続く)

(表3-3-2続き)

項目	単位	基準値			
		A類型	B類型	C類型	D類型
IV (特殊物質)					
1 BOD(5)	mg/ℓ	10 (5)	20 (20)	20 (20)	30 (30)
2 COD(Cr)	mg/ℓ	20 (10)	30 (30)	30 (30)	50 (50)
3 溶存酸素	mg/ℓ	>3 (>3)	>3 (>5)	>3 (>4)	3 (3)
4 浮遊物質	mg/ℓ	150 (100)	100 (100)	200 (200)	200 (200)
5 浮遊物質 吸収率	mcq/ℓ	—	—	10-18 (10-18)	—
6 ナトリウム(%)	mg/ℓ	—	—	50 (40)	—
V (微生物)					
1 総大腸菌群数	MPN/100 ml	10,000 (10,000)	20,000 (20,000)	—	10,000 (10,000)
2 糞便性大腸菌群数	MPN/100 ml	2,000 (2,000)	4,000 (4,000)	—	2,000 (2,000)

注：1) A類型：飲料用水

B類型：工業用水

C類型：農業用水

D類型：その他

2) ()内は望ましい基準、()外は許容値

出典：Keputusan Gubernur Kepala Daerah Khusus Ibukotu, Jakarta Nomor: Tahun 1988, September 1988